

Автоматизации аналитических преобразований геометрической теории управления в пакете Matlab

А.Ю. Заковоротный

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт»*

Трудности анализа и синтеза нелинейных систем управления общеизвестны. Поэтому на протяжении многих лет ведется поиск более мощных теоретических средств для решения фундаментальных проблем теории управления. Одним из таких средств является современная геометрия, в частности, геометрический подход к теории управления на основе теории групп и дифференциальной геометрии. Успехи этого подхода привели к интенсивной разработке нового научного направления – единой геометрической теории управления [1, 2]. Преимущество нового научного направления состоит, с одной стороны, в создании математического аппарата, позволяющего описывать системы управления в пространствах состояний более общих, чем линейные пространства, что необходимо при решении целого ряда задач управления [1, 2], а с другой стороны, в реальной возможности преобразований нелинейных систем высокого порядка с несколькими управлениями к эквивалентным линейным, за счет разбиения исходных моделей на ряд подсистем меньшей размерности, в каждую из которых входит только одно управление. Такие преобразования открывают возможности для использования при решении задач разработки нелинейных систем управления методов и средств теории линейных систем [1, 3]. При этом линеаризация нелинейной системы выполняется не с помощью классического разложения в ряд Тейлора, а на основе использования линейной обратной связи в пространстве "вход – выход" или "вход – состояние". Теоретически линеаризация с помощью обратной связи позволяет преобразовать к линейному виду широкий класс нелинейных систем управления [1 – 6]. Однако в этом случае необходимо выполнять трудоемкие аналитические преобразования, которые не автоматизированы ни в одном из известных пакетов моделирования и которые стали причиной разрыва между теоретическими результатами геометрической теории управления и решением практических задач синтеза систем управления для нелинейных объектов не выше 3 – 5 порядка [7, 8].

Для универсального пакета моделирования Matlab разработаны функции, позволяющие расширить возможности применения геометрической теории управления. Если в известных работах [7 – 9] геометрическая теория управления применялась для синтеза управлений объектами, которые описываются 3 – 5 дифференциальными уравнениями, то автоматизация аналитических преобразований позволила применять геометрическую теорию управления к объектам существенно более высокого порядка (систем из 16-ти нелинейных дифференциальных уравнений с 4-мя управлениями). Программа тестировалась и показала свою работоспособность на объектах, описываемых

системами из 30-ти нелинейных дифференциальных уравнений и содержащих 8-мь управлений. Таким образом, за счет автоматизации аналитических преобразований при получении из нелинейных математических моделей объектов управления эквивалентных линейных моделей в форме Бруновского, существенно расширена область применения геометрической теории управления. В частности, с помощью разработанных функций получена линейная математическая модель движения вагонов дизель-поезда в канонической форме Бруновского, которая учитывает параллельную работу двух эквивалентных тяговых асинхронных двигателей. Полученная математическая модель может использоваться для поиска оптимальных управлений, исследования процессов буксования и юза, а также параллельной работы двигателей.

Литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и томах. Т. 5: Методы современной теории управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
2. *Краснощёченко В.И.* Нелинейные системы: геометрический метод анализа и синтеза / В.И. Краснощёченко, А.П. Грищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2005. – 520 с.
3. *Ким Д.П.* Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. Изд. 2. / Д.П. Ким. – М.: Физматлит, 2007. – 312 с.
4. *Ким Д.П.* Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Изд. 2. / Д.П. Ким. – М.: Физматлит, 2007. – 440 с.
5. *Краснощёченко В.И.* Синтез регуляторов для нелинейных систем, приводимых к канонической форме Бруновского / В.И. Краснощёченко // Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 1997. – № 569. – С. 28-33.
6. *Краснощёченко В.И.* Нелинейные системы: геометрические методы анализа и синтеза / В.И. Краснощёченко, А.П. Крищенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2005. – 520 с.
7. *Дмитриенко В.Д.* Линеаризация математической модели привода методами дифференциальной геометрии / В.Д. Дмитриенко, А.Ю. Заковоротный // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – № 19. – С. 64-77.
8. *Дмитриенко В.Д.* Моделирование и оптимизация процессов управления движением дизель-поездов / В.Д. Дмитриенко, А.Ю. Заковоротный. – Х.: Изд. центр «НТМТ», 2013. – 248 с.
9. *Дмитриенко В.Д.* Синтез оптимальных законов управления движением дизель-поезда с помощью математической модели в форме Бруновского / В.Д. Дмитриенко, А.Ю. Заковоротный, Н.В. Мезенцев // Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». – Харків. – 2010. – № 5-6 (84-85). – С. 7-13.